

С- 786870

На правах рукописи



РАХМАНОВ ИЛГАМ НУХОВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ  
ГЕРМЕТИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ КОЛОННЫ  
РАДИАЛЬНО РАСШИРЯЕМЫМИ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ  
ПЛАСТЫРЯМИ**

Специальность 25.00.17 – Разработка и эксплуатация  
нефтяных и газовых месторождений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Бугульма – 2011

Работа выполнена в Татарском научно-исследовательском и проектном институте нефти (ТатНИПИнефть) ОАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина.

Научный руководитель: доктор технических наук, с.н.с.  
**Гарифов Камиль Мансурович**

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
**Абдрахманов Габдрашит Султанович**

кандидат технических наук  
**Сливченко Анатолий Фёдорович**

Ведущее предприятие: Общество с ограниченной ответственностью  
**«РН-УфаНИПИнефть»**

Защита диссертации состоится **24 марта 2011 г.** в 15<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 222.018.01. в Татарском научно-исследовательском и проектном институте нефти (ТатНИПИнефть) по адресу: 423236, Республика Татарстан, г. Бугульма, ул. М. Джалиля, д. 32.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Татарского научно-исследовательского и проектного института нефти.

Автореферат разослан **21 февраля 2011 г.**

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000583978

Ученый секретарь

диссертационного совета,

кандидат технических наук

Львова И.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Основные нефтяные месторождения России находятся на поздней стадии разработки. Коррозионные процессы, высокие давления нагнетания воды, длительный период работы скважин приводят к росту случаев потери герметичности эксплуатационных колонн (ЭК). Эксплуатируемые пласты истощаются, обводняются, и для перехода на другие объекты разработки необходимы надёжные технологии их отключения. Технологии герметизации ЭК с применением тампонажных материалов имеют низкую успешность, а технологии с использованием цементируемых «летучек» приводят к значительному уменьшению внутреннего диаметра колонны.

В этих условиях разработка надёжных методов восстановления герметичности ЭК и отключения пластов с максимальным сохранением полезного сечения скважины является актуальной задачей.

**Цель диссертационной работы.** Исследование и разработка технологии герметизации ЭК радиально расширяемыми пластырями и исследование основных параметров применяемого при этом комплекса технических средств.

### **Основные задачи исследований:**

1. Анализ существующих технологий восстановления герметичности ЭК и обоснование требований к расширяемым металлическим пластырям.
2. Выбор и обоснование схемы установки пластыря, устойчивого к требуемым механическим и гидравлическим нагрузкам. Разработка технологии установки металлического пластыря круглого сечения в скважине с минимальным уменьшением внутреннего диаметра ЭК.
3. Теоретические и лабораторные исследования параметров работы регулируемого пуансона, обоснование его оптимальной конструкции.
4. Исследование контактного напряжения посаженного пластыря.
5. Разработка и исследование расширяемого в скважине соединения труб пластыря.
6. Исследование фактических рабочих параметров разработанного пластыря, посаженного в колонне.

**Методы решения задач.** Поставленные задачи решались путём аналитических и экспериментальных исследований в лабораторных и промышленных условиях, анализа и обобщения результатов экспериментальных исследований и практического внедрения в производство разработанной технологии и технических средств.

**Научная новизна:**

1. Получены экспериментальные зависимости усилий, возникающих при расширении пластыря, от величины внутреннего диаметра ремонтируемой колонны для разных типов пуансонов, на основании которых разработана конструкция регулируемого в диаметре пуансона для установки пластыря в ЭК, с уменьшением внутреннего диаметра не более 10 мм.

2. Разработаны две методики определения фактического контактного напряжения пластыря, посаженного в обсадную колонну, позволяющие устанавливать величину необходимого давления в компенсаторе пуансона.

3. Создана математическая модель, устанавливающая зависимость величины нагрузки от физических свойств и геометрических размеров элементов системы (формирующих секторов и ограничителей перемещения пуансона), позволяющая оценить их напряженно-деформированное состояние и оптимизировать их форму.

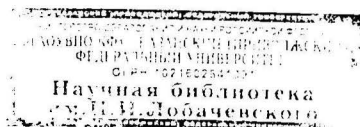
4. Лабораторными, стендовыми и промышленными исследованиями установлено, что расширение пластыря осуществляется за счёт уменьшения толщины его стенки на величину до 9 % и уменьшения длины на величину до 3 %, а перепад давления, выдерживаемый пластырем, составляет 20 МПа.

5. Новые технические решения по способу установки пластыря и регулируемому в диаметре пуансону признаны изобретениями.

**Защищаемые положения:**

1. Требования к технике и технологии герметизации ЭК скважины металлическими пластырями круглого сечения.

2. Оптимальная конструкция регулируемого в диаметре пуансона для установки пластыря в ЭК.



3. Математическая модель для установления зависимости величины нагрузки от физических свойств и геометрических размеров элементов системы: формулирующих секторов и ограничителей их перемещения наружу в пуансоне.

4. Методики определения контактного напряжения пластыря, посаженного в обсадную колонну.

5. Результаты комплекса исследований фактических параметров разработанного пластыря.

6. Технология герметизации ЭК расширяемыми металлическими пластырями круглого сечения.

#### **Практическая значимость:**

1. Обоснованы исходные требования к технике и технологии герметизации ЭК металлическими пластырями круглого сечения.

2. Обоснована оптимальная конструкция металлического пластыря и регулируемого в диаметре пуансона.

3. Разработан способ определения контактного напряжения, возникающего в пластыре после его установки в обсадной колонне.

4. Разработана конструкция резьбового соединения секций пластыря, сохраняющая герметичность после расширения.

5. Разработана и доведена до промышленного применения технология герметизации ЭК металлическими пластырями круглого сечения с уменьшением внутреннего диаметра ЭК не более 10 мм, выдерживающими перепад давления 20 МПа.

6. Новизна двух технических решений, созданных при выполнении работы, подтверждена патентами.

7. С использованием разработанной технологии герметизации ЭК отремонтировано 43 скважины.

**Апробация работы.** Основные положения работы докладывались на международной практической конференции «Современные технологии капитального ремонта скважин и повышение нефтеотдачи пластов. Перспективы развития» (г. Геленджик 21-26 мая 2007 г), на практической конференции «По-

вышение нефтеотдачи терригенных пластов Вятской площади Арланского месторождения с использованием передового опыта в области ПНП на поздних стадиях разработки месторождений» (г. Ижевск, июнь 2010 г), на семинарах главных инженеров ОАО «Татнефть» в 2008 и 2010 г.г., на 9 международном форуме «Сервис и оборудование для нефтегазовой отрасли России-2010» (г. Москва, октябрь 2010 г).

**Публикации.** Основные положения диссертации отражены в 11 опубликованных работах, в том числе в двух патентах на изобретения и девяти статьях, две из которых опубликованы в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ.

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы. Работа содержит 151 страницу машинописного текста, 70 рисунков, библиографический перечень из 137 наименований на 13 страницах.

Автор выражает глубокую признательность и благодарность научному руководителю, доктору технических наук Гарифову Камиллю Мансуровичу за постоянное внимание к диссертационной работе. Автор считает своим долгом выразить благодарность кандидатам технических наук Кадырову А.Х. и Чепику С.К. за ценные советы и замечания, сделанные по ходу проведения экспериментов и при обработке их результатов, а также сотрудником лаборатории эксплуатации и ремонта осложненных скважин ТатНИПИнефть, оказавшим помощь в работе над диссертацией.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, в виде краткой аннотации дано то новое, что автор привнес в исследование и решение проблемы.

Наиболее перспективным направлением решения задач восстановления герметичности ЭК скважин как в России, так и за рубежом, является разработка и применение технических средств, позволяющих перекрывать интервалы

нарушений колонн при помощи расширяемых металлических «пластырей» без существенного изменения проходного сечения колонны.

Решением проблем восстановления герметичности эксплуатационных колонн в России занимаются институты: НПО «Бурение», ВНИИБТ, ТатНИ-Пинефть, за рубежом – фирмы “Pan American Petroleum Corporation”, «LINES», «Owen Oil Tools Division», «Weatherford» и «Baker Hughes».

Разработкой технологий и оборудования для восстановления герметичности ЭК скважины и отключения пластов, а также исследованиями при их применении занимались Абдрахманов Г.С., Асмаловский В.С., Блажевич В.А., Газизов А.Ш., Гарифов К.М., Габдуллин Р.Г., Загиров М.М., Кисельман М.Л., Кадыров Р.Р., Кошелев А.Т., Кадыров А.Х., Мелинг К.В., Мишин В.И., Плотников И.Г., Стрижнев В.А., Уметбаев В.Г., Усов С.В., Шумилов В.А., Юсупов И.Г., Lang H. M., Vincent R.P. и др.

Во введении также приведены цель работы и основные задачи исследований.

**В первой главе** выполнен анализ текущего состояния проблем герметизации ЭК с указанием видов и причин нарушения их герметичности, приведена общая схема классификации способов восстановления герметичности ЭК по И.А.Сидорову (рисунок 1), проанализированы их преимущества и недостатки.

Выполнен анализ технологических схем и конструкций установок для герметизации ЭК, нашедших промышленное применение в России и за рубежом. Показано, что наиболее эффективными и успешными являются способы герметизации ЭК с применением металлических пластырей, применение которых позволяет обеспечить сокращение расхода материалов и, прежде всего, продолжительности ремонта в 2-2,5 раза при повышении коэффициента успешности с 0,5-0,6 до 0,85-0,95 по сравнению с традиционным способом восстановления герметичности ЭК – цементными заливками под давлением.

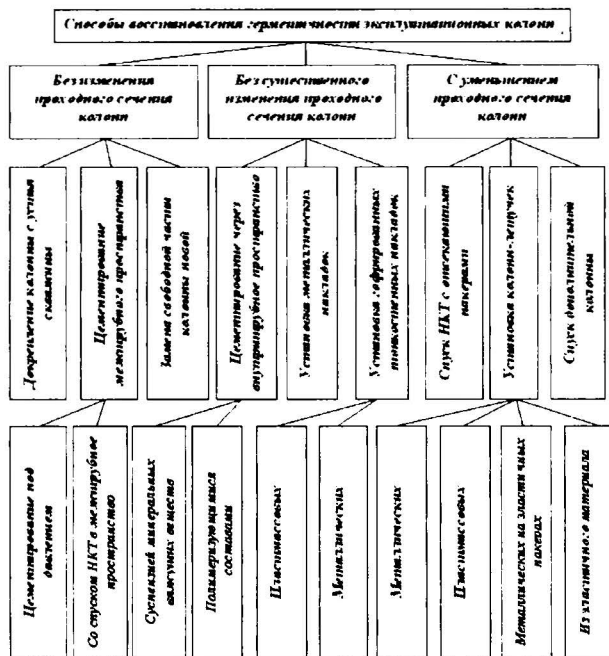


Рисунок 1 – Классификация способов восстановления герметичности ЭК

Выделены следующие перспективные направления в развитии конструкции металлических пластырей:

- расширение продольно гофрированного пластыря;
- расширение только концов круглой трубы;
- расширение гладких труб круглого сечения по всей длине.

Наиболее перспективной с точки зрения перекрытия протяжённых интервалов негерметичности ЭК с высокими перепадами давления, по мнению автора, является разработка техники и технологии герметизации ЭК с минимальной потерей в площади ее проходного поперечного сечения на основе металлических пластырей, изготовленных из нескольких гладких труб круглого сечения и устанавливаемых способом их расширения по всей длине.

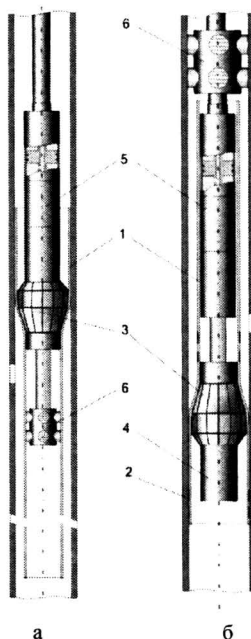
Изложенное определило цель и задачи исследований, сформулированные в общей характеристике работы.



**Вторая глава** посвящена обоснованию и выбору технологической схемы установки расширяемого металлического пластыря (ПМП), а также подбору труб промышленного сортамента и материала для его изготовления.

Рассмотрены возможные технологические схемы установки ПМП в скважине (рисунок 2):

- установка ПМП расширением протяжки пуансона сверху вниз;
- установка ПМП расширением протяжки пуансона снизу вверх.



1 – пластырь, 2 – якорный участок пластыря, 3 – пуансон, 4 – компенсатор,  
5 – посадочный инструмент, 6 – гидравлический якорь

Рисунок 2 – Технологические схемы установки пластыря в скважине:  
а – «сверху-вниз»; б – «снизу-вверх»

Преимуществом первой технологической схемы является меньшая опасность прихвата посадочного инструмента при установке ПМП, исключается попадание инородных предметов и твёрдых частиц между ЭК и ПМП. Процесс

установки пластыря происходит без осевой растягивающей нагрузки на посадочный инструмент и пластырь.

Однако при реализации данной технологической схемы на практике возникает проблема надежной фиксации посадочного инструмента внутри ПМР при его расширении пуансоном, что может приводить к повреждению пластыря. Кроме того, расширение ПМР можно производить только с помощью посадочного инструмента, что увеличивает продолжительность работ по его установке.

Для оптимизации совокупности работ по установке ПМР в скважине выбрана технологическая схема установки пластыря расширением снизу вверх, исключая фиксацию посадочного инструмента на внутренней поверхности расширенного ПМР и позволяющая использовать усилие наземного подъемного агрегата в пределах его грузоподъемности.

Осуществлен подбор труб для изготовления ПМР с учетом рационального сочетания пластичности, прочности, коррозионной стойкости и стоимости материала трубы при минимизации затрат на освоение их производства.

Конструктивно определен наружный диаметр ПМР согласно установленному требованию к минимальному проходному поперечному сечению ЭК: для обсадных труб с условным наружным диаметром 146 мм и с внутренним диаметром 126-134 мм допускается спуск оборудования наружным диаметром не более 122 мм. Из существующего промышленного сортамента труб наиболее близкой к этому размеру является труба наружным диаметром 121 мм с толщиной стенки от 2,5 мм до 7,0 мм, изготовленная из стали 10 с пределом текучести  $\sigma_T$  210-260 МПа и относительным удлинением 24-31 %.

Аналитическими расчетами сопоставлены величины усилий деформаций при расширении ПМР со сжатием и с растяжением его участков в зависимости от угла конуса пуансона. Показано, что усилие расширения ПМР со сжатием незначительно отличается от усилия расширения ПМР с растяжением: например, при угле конуса, равном  $12^\circ$ , усилие расширения с растяжением только на 12 % больше усилия расширения со сжатием. В результате предложен вариант

расширения ПМР с растяжением, поскольку при этом значительно упрощается технология установки ПМР в скважине.

Сопоставление результатов аналитических расчетов по формулам Саркисова, Леви и Ляме с экспериментальными данными по определению величины критического и сминающего давлений, при которых наибольшие напряжения в ПМР достигают предела текучести материала, позволило сформулировать рекомендации для реализации прогнозных и оценочных расчетов при расширении диапазона конструктивных параметров ПМР или материала для его изготовления.

Экспериментально исследован процесс расширения ПМР на примере образцов стальной трубы с наружным диаметром, равным 121 мм. Получены эмпирические зависимости потери устойчивости стальной трубы с различной толщиной стенки от осевой нагрузки и усилия её расширения от толщины стенки и угла конуса пуансона.

Установлено, что образцы стальной трубы с толщиной стенки более 4 мм не теряют устойчивости при осевой нагрузке, равной 300 кН (рисунок 3).

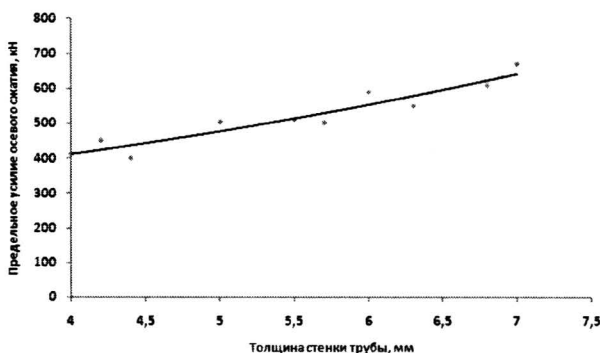
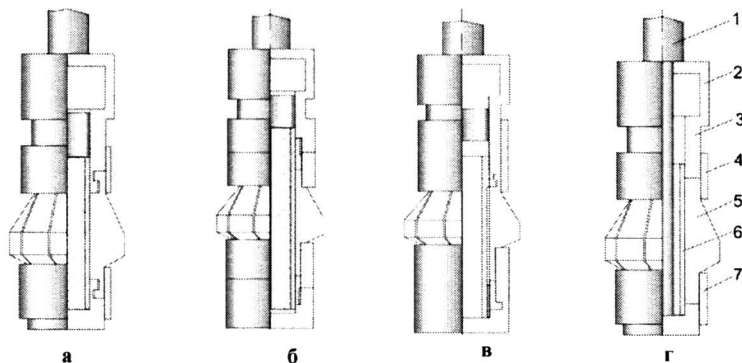


Рисунок 3 – Зависимость выдерживаемого усилия осевого сжатия образца трубы диаметром 121 мм из стали 10 от толщины стенки трубы

**Третья глава** посвящена разработке и исследованию параметров регулируемого в диаметре пуансона для установки ПМР в ЭК, имеющей различную толщину стенки.

Расширение ПМР и плотное его прижатие к внутренней поверхности ЭК производится путем протяжки пуансона с функцией автоматического регулирования своего наружного диаметра.

В рамках решения поставленной задачи разработаны и испытаны в стендовых условиях четыре варианта конструкции регулируемых в диаметре пуансонов (рисунок 4).



1 – штанга, 2 – ёмкость, 3 – верхний упор, 4, 7 – ограничители,  
5 – формирующие сектора, 6 – диафрагма

Рисунок 4 – Варианты конструкций пуансонов

При идеальной работе пуансон должен изменять наружный диаметр без значительного возрастания усилия протягивания, обеспечивая постоянное усилие прижатия пластыря к стенкам ЭК. Поэтому оценка разных вариантов конструкций пуансонов произведена по степени приближения к идеальной зависимости изменения диаметра от усилия вдавливания его в калиброванное отверстие (рисунок 5).

Стендовыми испытаниями получены зависимости изменения наружного диаметра пуансонов от величин приложенной к ним осевой нагрузки.

Окончательный выбор конструкции регулируемого пуансона (вариант г на рисунке 4) осуществлен по степени приближения к идеальной кривой зависимости уменьшения диаметра регулируемого пуансона при постоянном усилии.

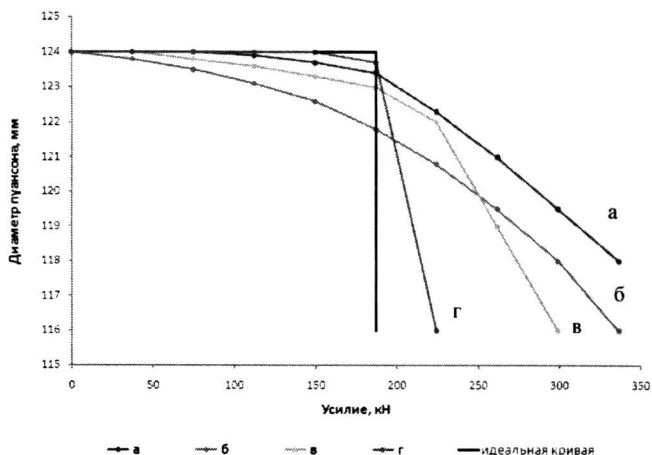


Рисунок 5 – Диаграммы зависимостей наружного диаметра пуансона от величины осевой нагрузки

Выбранная конструкция пуансона обеспечивает надежную посадку ПМР в скважине при изменяющихся внутренних размерах ЭК, упрощает процесс установки пластыря в колонне за счёт возможности использования как усилия устьевого подъемного агрегата, так и скважинных гидравлических домкратов (посадочных инструментов).

После спуска ПМР в интервал установки через него в верхнем направлении протягивают пуансон. Усилие от тягового органа через штангу 1 (рисунок 4), емкость 2, верхний упор 3 передается на формующие сектора 5, которые расширяют пластырь. При этом сжатый газ в емкости 2 через диафрагму 6 удерживает формующие сектора 5 в расширенном состоянии, а большему расширению препятствуют ограничители 4 и 7.

При контакте с участком ЭК с уменьшенным внутренним диаметром (более толстостенная труба, остатки цемента и т.п.) на формующие сектора 5 пуансона действует радиальная нагрузка, превышающая номинальную, при этом диафрагма 6 радиально сжимается и сжимает газ в емкости 2. Наружный диаметр пуансона уменьшается, и он проходит участок ЭК с меньшим внутренним

диаметром, расширяя пластырь на меньшую величину, но обеспечивая при этом такое же плотное его прижатие к внутренней поверхности ЭК.

Исследованиями влияния ширины зазоров между формующими секторами пуансона на качество расширения пластыря, которое определяется степенью отклонения от окружности расширенного пластыря, определено и обосновано оптимальное количество формующих секторов. Выбранные количество формующих секторов и зазоры между ними обеспечивают изменение наружного диаметра пуансона от 116 мм до 124 мм, что позволяет реализовать работу по установке ПМР в 146 мм ЭК во всем диапазоне изменения толщины ее стенки.

Моделированием с применением метода конечных элементов (рисунок 6) установлена зависимость между величиной нагрузки и физическими свойствами и геометрическими размерами элементов системы – формующих секторов и ограничителей его перемещения.

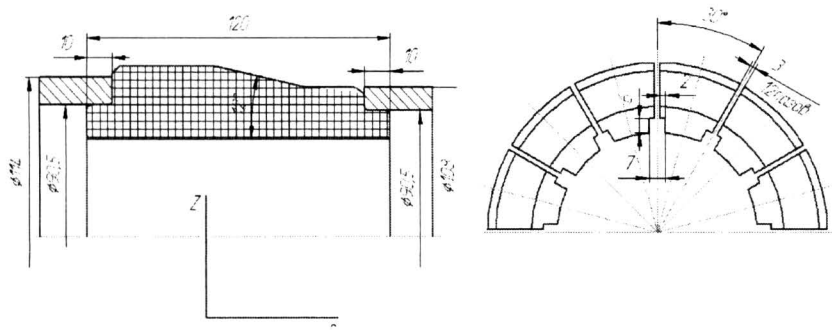


Рисунок 6 – Конечно-элементная модель формующего сектора и ограничителей перемещения наружу

Созданные математические модели, устанавливающие зависимость величины нагрузки от физических свойств и геометрических размеров элементов системы, позволили оценить напряженно-деформированное состояние элементов и выбрать оптимальный профиль формующего сектора (рисунок 7).

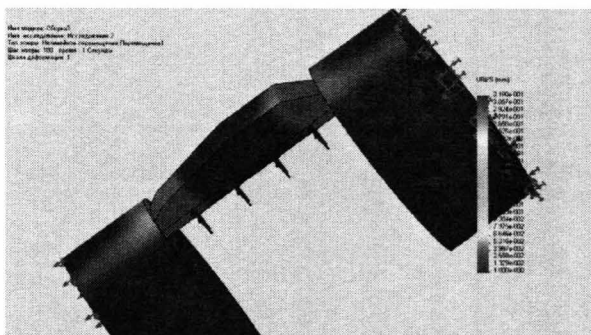


Рисунок 7 – Модель совместной работы формующего сектора и ограничителей его перемещения наружу в процессе воздействия избыточного внутреннего давления

Основным параметром, обеспечивающим герметичность и фиксацию пластыря в ЭК, является степень прижатия его к стенкам колонны или контактное напряжение.

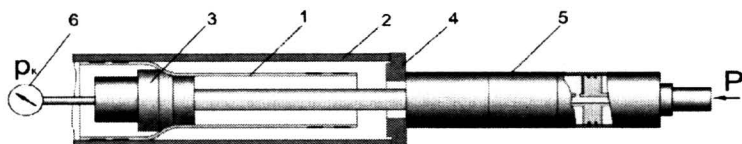
Для определения зависимости контактных напряжений от давления газа в компенсаторе регулируемого пуансона разработаны две методики, основанные на пересчете по известным формулам величин физически measurable параметров.

Первая методика основана на измерении усилия сдвига посаженного в ЭК образца ПМР и последующего вычисления по величине усилия сдвига значения контактного напряжения через силу трения покоя.

Вторая основана на расчёте по закону Гука с использованием измеренной величины упругого расширения наружного диаметра ЭК под действием давления, оказываемого посаженным пластырем.

Для определения усилия сдвига образца ПМР и упругого расширения ЭК разработан и изготовлен испытательный стенд (рисунок 8). В процессе исследования производилась посадка ПМР в отрезок обсадной трубы (ОТ) при различных значениях давления газа в компенсаторе регулируемого пуансона. После посадки пластыря микрометром измерялся наружный диаметр ЭК. Затем

на прессе «МИРИ-1000» производилось испытание посаженного ПМР на сдвиг с регистрацией усилия сдвига.



1 - ПМР, 2 – отрезок обсадной трубы, 3 – пуансон с компенсатором,  
4 – упор, 5 – инструмент посадочный, 6 – манометр

Рисунок 8 – Испытательный стенд для определения усилия сдвига натурального образца ПМР и упругого расширения ЭК

По результатам выполненных исследований произведены расчёты и построены графики зависимости величины контактного напряжения от давления газа в компенсаторе пуансона (рисунок 9).

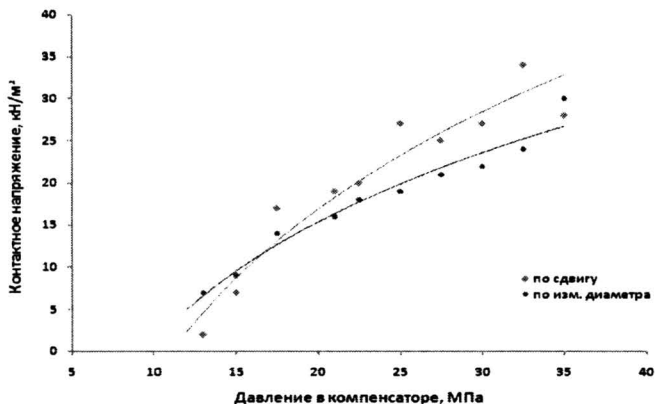


Рисунок 9 - Зависимость контактного напряжения при прижатии ПМР к внутренней поверхности ЭК от давления в компенсаторе пуансона

С применением разработанных методик определена оптимальная величина давления газа в компенсаторе регулируемого пуансона, которая обеспечивает необходимое контактное напряжение при прижатии ПМР к внутренней поверхности ЭК - 25 МПа.



Таким образом, в результате комплекса теоретических и лабораторных исследований параметров работы пуансонов разработана оптимальная конструкция регулируемого в диаметре пуансона, которая обеспечивает надежное прижатие ПМР к внутренней поверхности 146 мм ЭК во всем диапазоне толщин ее стенки (рисунок 10), тем самым обеспечивая высокую герметизацию мест нарушения.

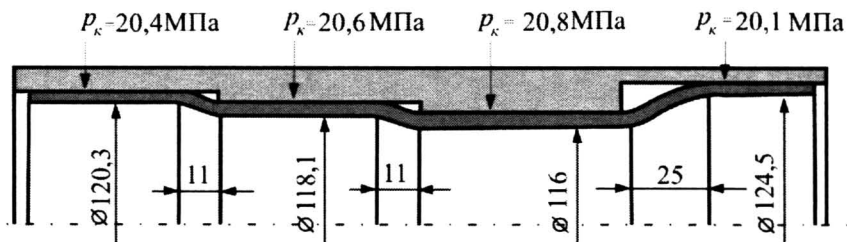


Рисунок 10 – Изменение контактного напряжения и внутреннего диаметра пластыря, посаженного в ступенчатый образец ЭК с разными внутренними диаметрами

Для повышения надежности герметизации на наружную поверхность труб пластыря наносят пластичную мастику толщиной  $0,2 \pm 0,3$  мм и устанавливают в специальные канавки эластичные уплотнители прямоугольного сечения на расстоянии одного метра друг от друга. Это снижает вероятность образования каналов для перетока жидкости из-за возможного наличия на внутренней поверхности ЭК неровностей, сколов, царапин и т.п.

В четвертой главе приведены результаты лабораторных и промышленных исследований изменения толщины стенки и длины ПМР после его расширения, а также обоснована и разработана конструкция соединения труб для формирования ПМР протяженностью свыше 10 м.

В результате лабораторных исследований по определению фактических размеров пластыря после посадки в обсадной трубе с внутренним диаметром 126 мм установлено, что процесс деформации пластыря происходит, в

основном за счёт уменьшения толщины стенки пластыря на 4 %, при этом уменьшение длины пластыря составляет около 1 %.

Установлено, что после посадки пластыря в обсадной трубе с внутренним диаметром 134 мм происходит уменьшение толщины стенки пластыря на 9 %, а уменьшение длины пластыря составляет около 3 %. Полученные в ходе лабораторных исследований результаты подтверждены анализом промысловых геофизических исследований по определению длины посаженных в скважинах пластырей с последующим вычислением толщины стенки исходя из постоянства объёма трубы до и после расширения.

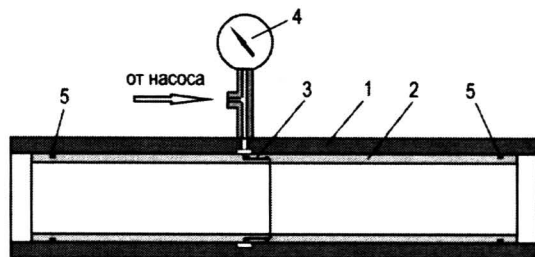
В скважине № 162 «Комсомольского» месторождения ООО «РН-Пурнефтегаз» пластырь установлен с целью герметизации нарушений ЭК в интервале 629-661 м. Длина пластыря до посадки составляла 32,3 м при толщине стенки 5 мм. По результатам дефектоскопии и микропрофилеметрии колонны установлено, что уменьшение длины составило 0,3 м, т.е. 0,92 %. Расчётное значение толщины стенки при этом равно 4,7 мм.

В скважине № 3844 д НГДУ «Азнакаевскнефть» ОАО "Татнефть" с целью герметизации нарушения был посажен пластырь длиной 14,53 м. По результатам геофизических исследований установлено, что уменьшение длины составило 0,15 м, т.е. 0,89 % при расчётной толщине стенки 4,8 мм.

Установлено, что во всем диапазоне толщин стенки 146 мм ЭК при посадке пластыря длина его уменьшается на 1-3 %, а толщина стенки на 4-9 % в зависимости от внутреннего диаметра ЭК. Фактическая толщина стенки посаженного пластыря составляет 4,67-4,88 мм.

В стендовых условиях на образцах трубы длиной 600 мм с наружным диаметром 121 мм и толщиной стенки 5 мм исследованы варианты соединения труб для обеспечения возможности сборки ПМР длиной более одной трубы.

Испытание соединений образцов резьб осевыми нагрузками производились на гидравлическом прессе «МИРИ-1000», а испытания на герметичность расширенного соединения – на имитирующем скважинные условия стенде (рисунк 11).



1 - обсадная труба, 2 – ПМР, 3- соединение труб ПМР, 4 – манометр,  
5 - уплотнительные кольца

Рисунок 11 – Схема стенда для опрессовки расширенного соединения труб ПМР наружным избыточным давлением

Разработка и исследования соединения стальных труб ПМР проводились в двух направлениях:

- соединение с помощью электросварки;
- механическое соединение с помощью резьбы.

Предложена конструкция сварного соединения стальных труб для ПМР (рисунок 12), которая при осевом усилии на сжатие и растяжение в 400 кН обеспечивает целостность сварного шва и соединения в целом, а после расширения выдерживает перепад давления 20 МПа.

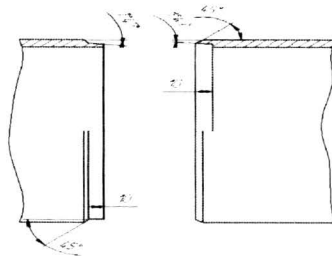


Рисунок 12 – Конструкция соединения стальных труб ПМР с помощью электросварки

Разработано 18 видов резьбового соединения труб для ПМР, после проведения исследования их на стенде выбрано соединение на основе цилиндрической упорной резьбы с прямоугольным профилем, в начале и конце которой установлены резиновые кольца прямоугольного сечения (рисунок 13).

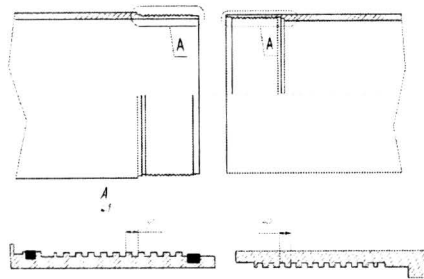
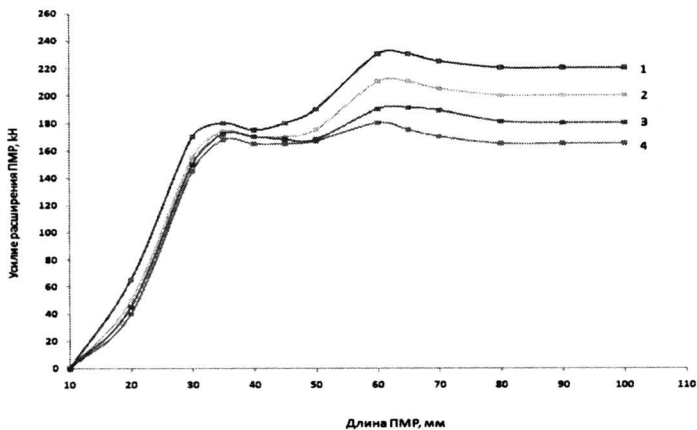


Рисунок 13 – Конструкция резьбового соединения стальных труб для ПМР

Герметичность соединения достигается за счет деформации резиновых колец в процессе расширения зоны соединения труб ПМР, соединение выдерживает перепад давления 20 МПа.

Экспериментально исследовано влияние технологических смазок на величину усилия расширения ПМР при протяжке сквозь него регулируемого пуансона (рисунок 14).



1 – графитовая смазка; 2 – олифа; 3 – олифа с графитовым наполнителем; 4 – состав «PolePlex-P»

Рисунок 14 – Зависимость усилия расширения ПМР от различных смазок

Установлено, что лучшей из исследованных является смазка на полиуретановой основе «PolePlex-P».

**В пятой главе** приведено описание разработанной технологии герметизации нарушения ЭК металлическими пластырями, а также технических средств, необходимых для подготовки скважины и установки пластыря.

Технология ремонта скважин ПМР включает следующие основные этапы:

- очистка скребком внутренней поверхности ЭК в интервале посадки ПМР и проверка ствола ЭК на проходимость оборудования (шаблонирование);
- исследование технического состояния ЭК (ЭМДС, ГК, ЛМ);
- сборка, монтаж и спуск ПМР в интервал установки;
- посадка ПМР;
- подъём и демонтаж оборудования;
- исследование герметичности пластыря.

Разработанный пластырь позволяет герметизировать участки ЭК длиной от нескольких десятков до сотен метров с уменьшением внутреннего диаметра ЭК не более 10 мм и допустимым перепадом давления до 20 МПа.

**В шестой главе** приведены основные результаты промысловых работ по герметизации ЭК скважины пластырями.

В настоящее время в ОАО «Татнефть» расширяемыми металлическими пластырями круглого сечения отремонтировано с целью ликвидации негерметичности ЭК и отключения пластов 43 скважины. Успешность работ составила 87 %. Экономический эффект на объём внедрения в ценах 2010 года составил 19 млн. 952 тысячи рублей.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Анализом существующих технологий восстановления герметичности ЭК обоснованы требования к технологии герметизации ЭК скважины с применением расширяемых металлических пластырей круглого сечения.

2. Теоретическими и лабораторными исследованиями параметров работы нескольких типов регулируемого в диаметре пуансона разработана конструкция пуансона с оптимальным давлением в компенсаторе 25 МПа, обеспечивающая прижатие ПМР к внутренней стенке ЭК во всем диапазоне толщин ее стенки.

3. С помощью созданной математической модели, устанавливающей зависимость величины нагрузки от физических свойств и геометрических размеров элементов системы: формующих секторов и ограничителей перемещения секторов наружу, оценено напряженно-деформированное состояние формующих секторов и оптимизирована их форма.

4. Разработаны две методики определения контактного напряжения пластыря, посаженного в обсадную колонну. Лабораторными исследованиями с помощью этих методик получены зависимости контактного напряжения от величины давления газа в компенсаторе пуансона.

5. Лабораторными и промысловыми исследованиями установлено, что расширение пластыря осуществляется за счёт уменьшения толщины его стенки на величину до 9 % и уменьшения длины на величину до 3 %, а перепад давления, выдерживаемый пластырем, составляет 20 МПа.

6. Разработано соединение для сборки секций пластыря, сохраняющее герметичность после расширения и выдерживающее перепад давления 20 МПа.

7. Новизна двух технических решений, созданных при выполнении работы, подтверждена патентами.

8. На основании результатов выполненных исследований разработана технология герметизации ЭК расширяемыми металлическими пластырями круглого сечения, уменьшающими её внутренний диаметр на 10 мм и выдержи-

вающими перепад давления до 20 МПа. С использованием данной технологии в ОАО «Татнефть» отремонтировано 43 скважины, успешность работ составила 87 %. Экономический эффект на объём внедрения в ценах 2010 года составил 19 млн. 952 тысячи рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Рахманов, И. Н. Новые методы защиты и герметизации эксплуатационной колонны [Текст] / К.М. Гарифов, А.Х. Кадыров, А.В. Глуходед // Монография. Казань. – 2001. – 94 с.
2. Рахманов, И. Н. Опытнo-промышленные работы по герметизации эксплуатационной колонны в ОАО «Татнефть» [Текст] / К.М. Гарифов, А.Х. Кадыров, Н.А. Воронин, А.В. Глуходед, В.А. Балбошин // Нефтяное хозяйство. – 2009. – №7. – С. 57–59.
3. Рахманов, И. Н. Новые методы защиты и герметизации эксплуатационной колонны [Текст] / Р.М. Рахманов, В.Г. Фадеев, К.М. Гарифов, А.Х. Кадыров, А.В. Глуходед // Нефтяное хозяйство. – 2003. – №8. – С. 82–84.
4. Рахманов, И. Н. Разработка техники и технологии ремонта эксплуатационной колонны металлическими пластырями» [Текст] / Н.Г. Ибрагимов, Р.М. Рахманов, К.М. Гарифов, А.Х. Кадыров, Н.А. Воронин, В.А. Балбошин, А.В. Глуходед // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. – 2009. – С. 297–305.
5. Рахманов, И. Н. Технические средства повышения эффективности КРС. [Текст] / К.М. Гарифов, А.Х. Кадыров, А.В. Глуходед // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. – 2006. – С. 352–359.
6. Рахманов, И. Н. Технические средства повышения эффективности КРС. Современные технологии КРС и ПНП. Перспективы развития [Текст] / Ш.Ф. Тахавтдинов, Н.Г. Ибрагимов, В.Г. Фадеев, Р.Г. Заббаров, Р.Н. Ахметвалиев,

К.М. Гарифов, А.Х. Кадыров // Сборник докладов 2-й Международной научно-практической конференции. – 2007. – №3. – С. 58–61.

7. Рахманов, И.Н. Технические средства повышения эффективности капитального ремонта скважин. Передовые нефтегазовые технологии [Текст] // Интервал. – 2007. – № 7. – С. 18–22.

8. Рахманов, И.Н. Математическое моделирование процесса посадки извлекаемой летучки в эксплуатационную колонну [Текст] / К.М. Гарифов, А.Х. Кадыров, А.В. Глуходед // Нефть Татарстана. – 2002. – №2. – С.16-22.

9. Рахманов, И.Н. Металлический расширяемый пластырь для герметизации эксплуатационной колонны ПМР-146 / К.М. Гарифов, А.Х. Кадыров, А.В. Глуходед, В.А. Балбошин, Н.А. Воронин // Научно-техническая ярмарка идей и предложений группы компаний "Татнефть", посвященная 60-летию ОАО "Татнефть". Номинации : строительство скважин, ремонт скважин / ТатНИПИнефть. – Бугульма, 2010. – С. 54-58.

10. Пат. 2236550 Российская Федерация, МКИ Е 21 В 29/10. Устройство для герметизации обсадной колонны [Текст] / Гарифов К.М., Ибрагимов Н.Г., Исмагилов Ф.З., Стерлядев Ю.Р., Кадыров А.Х., Рахманов И.Н., Глуходед А.В.; заявитель и патентообладатель ОАО «Татнефть». – № 2002134114/03; заявл. 18.12.2002; опубл. 20.09.2004, Бюл. № 26.

11. Пат. 2390620 Российская Федерация, МКИ Е 21 В 29/10. Регулируемый пуансон (варианты) [Текст] / Гарифов К.М., Кадыров А.Х., Рахманов И.Н., Глуходед А.В., Балбошин В.А., Воронин Н.А.; заявитель и патентообладатель ОАО «Татнефть». – № 2008147555/03; заявл. 02.12.2008; опубл. 27.05.2010, Бюл. № 15.









10-2

Отпечатано в секторе оперативной полиграфии  
института «ТатНИПИнефть» ОАО «Татнефть»  
на Xerox WC 5655

тел.: (85594) 78-656, 78-565

Подписано в печать 21.02.2011 г.

Заказ №21021101 Тираж 100 экз.